

Restauración de dunas: el caso español

Carlos LEY VEGA DE SEOANE

Ley, C. 2012. Restauración de dunas: el caso español. En: Rodríguez-Perea, A., Pons, G.X., Roig-Munar, F.X., Martín-Prieto, J.A., Mir-Gual, M. y Cabrera, J.A. (eds.). *La gestión integrada de playas y dunas: experiencias en Latinoamérica y Europa*: Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 19: 141-157. ISBN: 978-84-616-2240-5. Palma de Mallorca.

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA
NATURAL DE LES BALEARS

La gestión
integrada de
playas y
dunas:
experiencias
en
Latinoamérica
y Europa

Las dunas costeras degradadas se pueden restaurar utilizando técnicas ecológicas, mediante las cuales, es la propia naturaleza la que consigue devolver el sistema al equilibrio dinámico preexistente. No obstante, es imprescindible primero eliminar las causas que han conducido al sistema al estado de degradación actual. Estas técnicas pueden enfocarse a la protección o la regeneración propiamente dicha del sistema dunar. Entre las del primer grupo se incluyen los cerramientos, las pasarelas y los sistemas de comunicación, como los carteles. Las del segundo, incluyen la instalación de captadores de arena y la reintroducción de la vegetación dunar. En España existen numerosos ejemplos de restauración dunar a lo largo de toda su geografía, en general con éxito, aunque es necesario implementar nuevos métodos y mejorar los existentes, para lo cual el seguimiento de las actuaciones realizadas constituye una herramienta clave.

Palabras clave: Duna, costa, degradación, restauración ecológica, vegetación.

DUNE RESTORATION. THE SPANISH CASE. Degraded coastal dunes can be restored using ecological techniques through which it is nature itself that gets to return the dynamic equilibrium existing system. However, it is imperative to first remove the causes that have led the system to the current degraded state. These techniques can focus on the protection or restoration of the dune system itself. Among the first group include fences, gateways and communication systems, such as posters. The second, involving the installation of sensors and the reintroduction of sand dune vegetation.

In Spain there are numerous examples of dune restoration along the entire geography, generally successful, although it is necessary to implement new methods and improve existing ones, for which the monitoring of activities undertaken is a key tool.

Key words: Dune, coastal degradation, restoration ecology, vegetation.

Carlos LEY, Ecología Litoral, S. L. C/ Quintana 28, 1ªDcha. 28008 Madrid

Introducción

En la actualidad, los sistemas dunares alterados pueden restaurarse mediante la eliminación de las causas que han conducido a su degradación y empleando técnicas de reconstrucción topográfica y revegetación con vegetación autóctona. Al ser unos sistemas muy dinámicos, los objetivos de restauración se cumplen en un plazo breve, de unos pocos años.

Es esencial en cualquier proyecto de restauración establecer cuales son los objetivos a alcanzar, siendo deseable que las actuaciones realizadas consigan recuperar la estructura (composición de especies) y funcionamiento (procesos sedimentarios y ecológicos), de forma que el sistema dunar restaurado mantenga una situación de equilibrio dinámico acorde con las características sedimentarias y ecológicas de su entorno.

Las técnicas utilizadas para la regeneración de sistemas dunares degradados, o para la construcción de dunas en aquellas áreas donde éstas no existían, pueden dividirse en dos grandes tipos según la magnitud de la intervención y su incidencia ambiental: Técnicas de ingeniería convencional y técnicas ecológicas. Las técnicas de restauración dunar que se abordan en este artículo se refieren exclusivamente a las “técnicas ecológicas”, si bien en algunos casos pueden ser útiles las técnicas de ingeniería convencional utilizadas puntualmente y como complemento a las técnicas ecológicas.

Las técnicas ecológicas como la instalación de captadores de arena para lograr una estructura topográfica adecuada y la plantación de vegetación dunar para la estabilización de sus superficies, utilizan los procesos naturales para conseguir su función; el viento transporta la arena que se

sedimenta detrás de los captadores y la vegetación se va estableciendo hasta conseguir una cobertura que permita alcanzar una situación de equilibrio.

Estas técnicas de regeneración de ecosistemas dunares son las más utilizadas en Europa y consiguen, si previamente se logra una protección efectiva, la restauración en pocos años.

Los efectos negativos de la frecuentación humana se resuelven mediante sistemas de protección: la instalación de pasarelas peatonales de acceso a las playas, de cerramientos en ecosistemas dunares y la eliminación del tráfico rodado sobre las dunas constituyen los sistemas de protección más comúnmente empleados.

La información al ciudadano cumple un importante papel en las actuaciones de protección y rehabilitación de espacios litorales pues éste no suele tener conciencia del daño que está produciendo, siendo un caso muy claro el daño que produce el pisoteo sobre la duna. Por otro lado se consigue una comprensión y aceptación de las actuaciones que se realizan, haciéndole al final cómplice y colaborador de las actuaciones realizadas, lo que aumenta considerablemente el éxito de la actuación.

Las actuaciones de restauración necesitan, además, un pequeño pero continuado mantenimiento, al menos durante los primeros años desde su terminación, no solo para la reparación de las estructuras de protección, como cerramientos, pasarelas o carteles que, por causas naturales o la acción vandálica humana suelen sufrir daños, sino también para la corrección del proceso de captación de arena y para la replantación de las zonas donde la vegetación no ha arraigado suficientemente, ya sea por la movilidad del sustrato (enterramiento o erosión) ya por defectos en su establecimiento.

Reconstrucción morfológica de la duna costera

La construcción de la duna se realiza en zonas donde el cordón dunar ha sido eliminado total o parcialmente o bien está fragmentado longitudinalmente por incisiones, muy frecuentemente ocasionadas por la circulación de personas. También se puede realizar la construcción de un cordón dunar en zonas donde antes no existían, como parte de actuaciones de regeneración de playas o como actuaciones independientes encaminadas a la protección de intereses de zonas interiores frente a la acción del mar.

El caso más frecuente en nuestras costas es la reconstrucción de cordones fragmentados debido a la presión de visitantes. El efecto de las pisadas, paseos a caballo y uso de vehículos todoterreno producen una considerable alteración de la morfología dunar. En los cordones costeros, el resultado de esta presión se suele traducir en la proliferación de caminos hacia la playa que los atraviesan transversalmente y dan lugar a numerosas incisiones o brechas en el cordón. Por estas brechas se canaliza el viento, que adquiere una mayor velocidad y potencial erosivo, y poco a poco (o en ocasiones rápidamente) va erosionando los taludes laterales de los segmentos del cordón, aumentando los canales en anchura y profundidad, llegando a cortar por completo el cordón dunar. Esta situación repetida a lo largo de un sector de costa puede dar lugar a la desaparición parcial o total del cordón dunar, en los que en numerosas ocasiones se ve reducido a un conjunto de montículos separados entre sí, con una topografía muy irregular, y con una vegetación muy dañada.

En estos casos, la restauración de la duna se inicia mediante la reconstrucción topográfica del cordón adoptando una morfología lo más parecida a la que existía primitivamente o, si no existiera previa-

mente, lo más parecida a la de los sistemas dunares análogos situados en los alrededores.



Fig. 1. Cordón dunar fragmentado.

Fig. 1. Fragmented dune.

La reconstrucción topográfica debe conseguir una morfología adecuada, lo más aerodinámica posible para evitar la formación de turbulencias. La metodología más utilizada para la reconstrucción de cordones dunares consiste en la utilización de sistemas pasivos de captación de arenas. Este método sustituye la función que de forma natural ejerce la vegetación pionera en la formación de dunas.

En otros casos, cuando el sistema dunar se encuentra en un estado muy degradado o la topografía es muy irregular se puede recurrir a la realización de movimientos de tierras mediante maquinaria. Este sistema se utiliza preferentemente para reconstruir cordones dunares arrasados por temporales excepcionales y, más frecuentemente para cerrar los pasillos de deflación y brechas de los cordones dunares. El proceso consiste en rellenar los pasillos de deflación con arena recogida de zonas cercanas de la playa, evitando dañar la vegetación, utilizando maquinaria (retroexcavadora, cinta transportadora, etc.) hasta lograr una morfología uniforme.

Captadores pasivos de arena

Los sistemas pasivos de captación de arena son estructuras que consiguen formar depósitos gracias a la intercepción de la arena que el viento transporta, al reducir su velocidad por la fricción que ejercen. Estos sistemas son utilizados para ayudar a rellenar huecos o brechas en las dunas, formar cordones nuevos y “cordones de sacrificio” para protección de zonas interiores de elevado valor cultural o natural.

Esta técnica sólo se puede utilizar en aquellos tramos costeros con una dinámica sedimentaria estable o progradante y nunca en tramos costeros regresivos, ya que es necesario contar con un transporte neto de arenas positivo hacia zonas interiores.



Fig. 2. Captadores de arena de mimbre.

Fig. 2. Sand wicker collectors.

Los captadores de arena, son empalizadas normalmente de ramas muertas de plantas (mimbre, cañas, matorrales, etc.), tablas de madera (tablestacados) u otros materiales (redes de plástico). Estos sistemas contrarrestan la erosión eólica, y aportan una mayor estabilidad al depósito arenoso. La eficiencia en la acumulación de arenas y la morfología de los depósitos formados dependen de la porosidad del sistema de captación, la altura, inclinación, velocidad del viento, características de la arena, distancia entre filas de captadores,

número de filas de captadores y características topográficas de la zona donde se colocan (Nordstrom, 2000). En general, los captadores porosos son más efectivos que los sólidos ya que estos últimos producen depósitos menos estables (Ranwell y Boar, 1986).

El uso de captadores pasivos de arenas está ampliamente extendido debido a su relativo bajo costo, la facilidad de construcción y su eficiencia en la formación de depósitos arenosos.

El emplazamiento del captador es determinante del perfil dunar que se pretende construir. Cuando los captadores se sitúan paralelamente al pie de la duna, se recoge directamente la arena seca que procede de la playa, aumentando el volumen de arena de la duna embrionaria. Si los captadores se sitúan en la cresta de la duna, lo que aumenta es la altura del cordón dunar. Existen también captadores que se sitúan perpendicularmente a los horizontales y que son frecuentes en algunos países de Europa, pero éstos, como los anteriores, requieren un cuidadoso emplazamiento, pues pueden provocar erosión en otras zonas.

Con captadores flexibles, como los formados por varas de mimbre, la deposición tiene lugar a sotavento de las filas de captadores y en una anchura de ocho veces su altura, por lo cual, la distancia entre las filas debe ser aproximadamente de 8 m.

En el caso de las tablestacas, la deposición ocurre tanto a barlovento como a sotavento y la acumulación es mucho más irregular que en los captadores flexibles, por lo que su funcionamiento y utilización no es similar a la de los captadores.

En general los captadores flexibles producen una deposición mucho más suave y se consigue una topografía mucho más aerodinámica y estable que en el caso de las tablestacas que forman depósitos irregu-

lares muy poco estabilizados. La vegetación coloniza mucho mejor las arenas estabilizadas con captadores que con tablestacas debido a que estabilizan la superficie reduciendo la erosión por el viento.



Fig. 3. Efecto de los captadores de mimbre.
Fig. 3. Effect of rattan collectors.

Por otro lado, las tablestacas son más útiles para la formación de depósitos provisionales en la playa seca, para evitar la entrada del mar en mareas vivas y que, posteriormente al retirarse, son transportados por el viento hacia la duna propiamente dicha.

Cuando los captadores de arenas pierden su función al sepultarse en la arena, es el momento de colocar encima otra línea de captadores si se quiere recrecer la duna o bien proceder a la estabilización del depósito arenoso mediante la reintroducción de la vegetación dunar.

Revegetación

La revegetación del cordón dunar reconstruido por la técnica de captadores de arenas no se lleva a cabo de forma natural. Si bien la duna costera es un sistema abierto y es continua la llegada de propágulos de tramos dunares cercanos que podrían colonizar la nueva duna, este proceso es relativamente lento.



Fig. 4. Captadores de Espartina.
Fig. 4. Cordgrass collectors.

Debido a la intensa actividad de la dinámica, las dunas construidas se erosionarían antes de que la vegetación se instalase y ejerciese la función de estabilización del sistema. Por tanto, la revegetación se debe realizar de forma artificial mediante la introducción de especies dunares.

Elección de las especies

El número de especies presentes en los cordones dunares activos de un sistema dunar es relativamente bajo. García Mora (2000) registró en un muestreo de 55 parcelas de 250 m² realizado en 300 km de la costa del golfo de Cádiz un total de 55 especies vasculares pertenecientes a 49 géneros y 22 familias. Siendo la riqueza específica muy heterogénea, entre 3 y 25 especies por parcela.

Aunque el objetivo de las restauraciones ecológicas es el de conseguir devolver a un ecosistema degradado a un estado similar al natural y que funcione, no se puede plantear un proyecto de restauración de la cobertura vegetal contemplando la plantación de todas las especies que en teoría caben en el sistema, ya que no sería viable técnica ni económicamente. Por ello es preciso seleccionar las especies a introducir. Si bien

no es prescindible ninguna especie, porque todas ejercen su función, se puede establecer qué especies son clave para mantener, al menos de forma inicial, un ecosistema.

En las dunas costeras activas, las especies de plantas que tienen una función más relevante son aquellas que permiten una acumulación efectiva de arenas y mantienen las características geomorfológicas del sistema en una situación de equilibrio dinámico. En las costas europeas y en concreto las de la Península Ibérica son dos las especies clave, *Ammophila arenaria* y *Elymus farctus*, también llamadas estructurales (García Mora, 2000) o constructoras de dunas (Ranwell y Boar, 1986). La primera creciendo principalmente en las laderas y crestas de los cordones dunares y la segunda en la base del cordón dunar. Ambas especies son plantas perennes, con un sistema radicular bien desarrollado, estructuras foliares adaptadas a las condiciones ambientales del litoral, capaces de dispersarse por agua de mar y resistentes al enterramiento por la arena.

Así, utilizando ambas especies, se puede realizar una restauración de la vegetación de zonas donde ésta falte o bien en las dunas construidas mediante captadores. No es adecuado plantar estas especies en zonas dunares interiores no activas ya que degeneran si no tiene un aporte regular de arena (Van der Putten y Peters, 1995).

Una vez plantadas estas especies estructurales, es muy breve el intervalo de tiempo en el que se produce la colonización de otras especies dunares (van der Laan *et al.*, 1997).

Debido a que el sistema dunar activo es un sistema abierto y que la mayoría del resto de las especies tienen mecanismos de dispersión adaptados a estos sistemas, se puede prescindir de utilizarlas en la

plantación ya que llegarán por sus propios medios.



Fig. 5. Plantación de barrón, *Ammophila arenaria*.

Fig. 5. Planting of marram, *Ammophila arenaria*.

No obstante, si técnica y económicamente es posible, es aconsejable aumentar la biodiversidad del sistema con otras especies. Actualmente se suelen utilizar como complemento en las restauraciones en costas españolas especies como *Eryngium maritimum*, *Helichrysum stoechas*, *Pancratium maritimum*, *Otanthus maritimum* y *Euphorbia paralias* principalmente. En dunas mediterráneas y del Golfo de Cádiz también se ha ensayado con éxito con *Cakile maritima*, *Calystegia soldanella*, *Crucianella maritima*, *Lotus creticus*, *Malcolmia littorea*, *Medicago marina*, etc

El aumento de la diversidad de especies mediante la revegetación no se debe hacer sin un estudio previo de las características de la vegetación del entorno, ya que no todos los sistemas dunares, ni siquiera todos los tramos de un mismo sistema son igualmente ricos en especies. Además, diferencias en la disponibilidad sedimentaria y estabilidad de sustrato imponen diferencias en la distribución de las diferentes especies (García Mora *et al.* 1999).

Para realizar las plantaciones de *Ammophila arenaria* tradicionalmente se han utilizado plantas entresacadas del medio natural, habiéndose también ensayado con la siembra directa de las semillas en el campo (van der Putten, 1990; van der putten y Kloosterman, 1991) si bien requiere una cierta estabilidad del sustrato arenoso, y con fragmentos de rizomas (van der Putten, 1990). No todos estos métodos tienen la misma efectividad, pues la siembra es poco viable en la práctica, debido a que la mayor parte de las plántulas mueren antes de llegar a adultas por la sequedad, enterramiento o erosión por el viento.

Una técnica intermedia consiste en el cultivo en vivero a partir de semilla de las especies a plantar. El método de entresaca y trasplante no es idóneo en áreas de ambiente mediterráneo ya que la densidad de plantas es comparativamente baja y por tanto exige grandes extensiones de zonas dunares que permitan la extracción de plantas sin causar grandes daños. Además, el clima mediterráneo permite una mayor y más rentable producción por siembra en vivero.

En este caso, se utilizan plantas de 1 a 2 años de edad. La plantación se realiza manualmente, excavando un hoyo de unos 25 cm de profundidad, donde se aloja la planta, procediendo posteriormente a su tapado. La planta deberá quedar enterrada unos 10 cm con respecto a su nivel original en el lugar de procedencia.

Una de las condiciones indispensables para el uso de plantas procedentes de vivero es que las semillas utilizadas para la revegetación de una zona procedan de la misma área geográfica, para así evitar una homogeneización genética de la especie.



Fig. 6. Plantación de barrón (*Ammophila arenaria*) de tres años de edad.

Fig. 6. Planting of marram (*Ammophila arenaria*) three years after.

Sistemas de protección

Para conseguir que las actuaciones de restauración dunar tengan éxito, es necesario eliminar las causas que produjeron la degradación del área donde se realiza la actuación. Para ello es necesario realizar otra serie de actuaciones para proteger el cordón dunar, dentro de las que se incluyen los cerramientos, las pasarelas y los carteles y campañas informativas.

Una de las causas más importantes de la degradación y desaparición de la cubierta vegetal es el pisoteo de los usuarios de la playa sobre la vegetación. La afluencia masiva, especialmente durante los meses de verano a las costas españolas, origina la pérdida de la vegetación, sobre todo en las zonas próximas a los aparcamientos, chiringuitos, etc.

Para proteger las zonas plantadas y las zonas que, aunque no hayan sido objeto de plantación necesitan limitar la afluencia de visitantes, se considera necesaria la instalación de un cerramiento. Éste es aconsejable que sea discontinuo dejando pasillos para permitir el acceso de los usuarios a la playa desde la zona interior, preferiblemente mediante pasarelas transversales al cordón, que comuniquen

ambos lados del las dunas, evitando así su pisoteo.

Cerramientos

Existen muchos tipos de cerramiento para proteger los cordones dunares, en función de la presión de visitantes que soporta y de la estética que se pretenda conseguir, pero los más efectivos son los que evitan el paso de al menos el 90% de los usuarios que entraban antes de cerrar el paso.



Fig. 7. Cerramiento de protección dunar.

Fig. 7. Fencing of dune protection.

Pasarelas

Para evitar el pisoteo es recomendable habilitar pasarelas transversales al cordón dunar, que canalicen el paso entre ambos lados del cordón. La morfología de los sistemas dunares suele ser de tipo cordón longitudinal con una estructura de la vegetación continua. Estos cordones, al estar situados en la zona trasera de la playa, interrumpen el acceso natural de los usuarios a la misma, por lo que es frecuente la aparición de caminos a través del cordón. Como el sustrato dunar es muy suelto y no existe apenas vegetación que lo retenga, el viento erosiona estos pasillos y transporta la arena hacia el interior, produciendo unos taludes laterales en los pasillos muy inestables. Los pasillos se van ensanchando por efecto del viento y el

pisoteo hasta quedar el cordón dunar fragmentado reducido a montículos más o menos separados entre sí, que sufren una erosión muy fuerte y, al final, si este proceso continúa, terminan desapareciendo. Los sistemas más recomendables para evitar estos procesos de degradación consisten en pasarelas de madera, que se soportan sobre el suelo mediante pilotes, de manera que al quedar un espacio suficiente entre la estructura y la duna permiten el establecimiento de la vegetación y no interfieren en el transporte de arenas por el viento.

Carteles y sistemas de comunicación

Un aspecto fundamental en las obras de restauración dunar es la actitud de los ciudadanos ante las mismas, pues si no son comprendidas y aceptadas por los usuarios, a la larga, la falta de cuidados y el vandalismo terminan por hacer fracasar la actuación. Por lo tanto, en este tipo de actuaciones, se considera muy importante informar a los usuarios acerca de las características y la problemática del ecosistema dunar y de las inversiones que se están realizando para regenerar el mismo. De esta manera se hace partícipe al ciudadano y se consigue su colaboración para el cuidado de este tipo de obras.



Fig. 8. Pasarela de acceso a la playa.

Fig. 8. Gateway access to the beach.

Seguimiento de las obras de restauración

En las obras de restauración dunar, los efectos no se manifiestan inmediatamente al terminar las obras, cosa que ocurre en la mayor parte de las obras de construcción, sino que necesita un cierto tiempo para que los captadores actúen, se establezca la vegetación y los elementos naturales se autorregeneren gracias a las medidas de protección realizadas.

Por otro lado, no existe una experiencia sistematizada, porque depende de muchas variables, entre otras la gran variedad de los sistemas dunares, el clima, características de la dinámica sedimentaria y eólica, etc.

La utilización de sistemas pasivos, como los captadores de arena, producen una respuesta no siempre igual en los ecosistemas dunares restaurados, pues depende del régimen de vientos y de otros factores, como la humedad de la arena o la superficie de playa seca erosionable.

Además, la utilización de seres vivos y el objetivo de la restauración, ayudar al sistema a recuperar los procesos físicos y ecológicos, implica muchas interacciones con las variables físicas que producen respuestas distintas en cada caso.

Estas particularidades introducen en la sistemática de la restauración dunar un componente elástico que es necesario abordar para perfeccionar y optimizar las técnicas. Para ello es útil la realización de seguimientos.

Los seguimientos se deben realizar desde el comienzo de las obras o incluso antes, durante el replanteo del estado del sistema dunar en el momento de la actuación hasta varios años después de terminada la obra.

Ejemplos de restauración dunar en España

El Espigón

Descripción

El sistema dunar de El Espigón tiene un origen antrópico; se ha formado, y continúa en la actualidad, por el efecto de interrupción de la deriva sedimentaria paralela a la costa que ejerce el dique Juan Carlos I. El dique se construyó para contener el flujo de arena y permitir el acceso del tráfico marítimo al Puerto de Huelva.

El sistema dunar presenta unas dimensiones de unos 5.600 m de longitud por unos 150 m de anchura media, de los cuales, los 2.700 m occidentales se incluyen en el Paraje Natural Marismas del Odiel, y el resto es de titularidad del Puerto de Huelva. La playa es disipativa, con pendientes muy suaves y una extensa zona intermareal. El sistema dunar presenta una morfología muy plana, probablemente por la predominancia del proceso de deposición marina sobre la dinámica eólica.

Una de las características más importantes de esta playa es su rápido crecimiento debido al enorme volumen de arena que atrapa el espigón.

El sistema dunar que se forma es de escasa potencia, siendo muy importante la transferencia de arenas hacia la ría interior. Presenta una escasa heterogeneidad ambiental lo cual, junto con su reciente origen, ha dado como resultado un sistema dunar pobre en especies. Sin embargo, la vegetación aparece siguiendo un gradiente hacia las zonas interiores relacionado con la cercanía al mar y la movilidad de las arenas, formando las características bandas de vegetación de este tipo de ecosistemas.

La vegetación de playa alta, donde la incidencia de la influencia marina es mayor y donde se acumulan restos orgánicos que el mar expulsa, está compuesta mayoritaria-



Fig. 9. Aspecto del área de estudio.
Fig. 9. Appearance of the study area.

mente por especies anuales de verano como la oruga de mar (*Cakile maritima*), barrilla pinchosa (*Salsola kali*), polígono marino (*Polygonum maritimum*), etc.

Un poco más hacia el interior, donde la influencia marina es algo menor, se forma otra banda paralela, la duna embrionaria, de muy escasa altura y anchura, compuesta por la grama marina (*Elymus farctus*) y *Sporobolus pungens*. Tras ella, aparece un arenal con apenas relieve dominado por el barrón (*Ammophila arenaria*), la algodonosa (*Otanthus maritimus*), el cardo marino (*Eryngium maritimum*) etc.

En la zona más al interior el sustrato está muy estabilizado, con un gran contenido en conchas. La vegetación se caracteriza por la dominancia de especies litorales psammófilas en las zonas más expuestas al mar y por un pastizal litoral adaptado a condiciones más estables con presencia de especies alóctonas como *Oenothera drummondii*, *Conyza albida* y la caña *Arundo donax*. En la playa alta del sector incluido en el Paraje Natural se localizan poblaciones importantes y áreas de cría del Charrancito (*Sterna albifrons*).

La cercanía a la ciudad de Huelva y la facilidad de acceso han dado como resultado una creciente presión turística para el uso de la playa y para la pesca. Como resultado del incremento de visitantes que atraviesan el sistema dunar hacia la playa se han formado numerosas sendas



Fig. 10. Aspecto del sistema dunar antes de la actuación.

Fig. 10. Appearance of the dune system before the performance.

que amenazan con la fragmentación y desestabilización del sistema.

Los objetivos planteados en el proyecto consistían por tanto en la formación de un nuevo cordón dunar y su fijación con vegetación, la protección del cordón frente al impacto del turismo y en instalar en la playa unas pasarelas que permitieran a los usuarios acceder a la playa con más comodidad y sin dañar la vegetación.

Actuaciones

Las actuaciones realizadas entre 2004 y 2005 se integran en dos grupos: obras de estabilización y regeneración de la cubierta vegetal y obras de protección del cordón dunar. Se describen a continuación las actuaciones más importantes realizadas:

- a) • Instalación de captadores pasivos de arena de materiales biodegradables (mimbre).
- b) • Plantación de especies dunares fijadoras de arena: barrón (*Ammophila arenaria*).
- c) Adecuación de accesos peatonales (rampas y pasarelas), de acceso a la playa.



Fig. 11. Situación final del frente dunar.

Fig. 11. Status dune front end.

- d) •Señalización mediante carteles y paneles informativos de la actuación.
- e) •Cerramientos de las áreas restauradas.

Conclusiones

En la actualidad, los objetivos perseguidos se consideran alcanzados ya que se ha formado un cordón dunar con cierto relieve, aunque más lentamente de lo que se esperaba, dado que el transporte eólico hacia el interior no es tan activo como en otras zonas. Las filas de captadores situadas más hacia el interior no reciben tanta arena como para construir un perfil dunar tan ancho, aunque de momento es pronto como para obtener conclusiones definitivas.

La vegetación plantada está bien establecida y la colonización natural recubre y enriquece de especies las parcelas protegidas con cerramientos. Éstos permanecen estables, no sufren enterramientos ni descalzamientos, al no tener demasiados cambios el relieve y las pasarelas son utilizadas por la mayoría de los usuarios.

El Saler

Introducción y caracterización

El proyecto de restauración se desarrolla a lo largo del tramo central de la barra que cierra la albufera de Valencia, en la denominada Devesa de El Saler y en todo el tramo situado hacia el sur, hasta el campo

de golf de El Saler, en una longitud total de unos 7 km.

Hacia 1960, un desafortunado plan urbanístico comienza su desarrollo, que se paraliza a raíz de la democratización de los ayuntamientos hacia 1979. A lo largo de este periodo ya se habían destruido grandes superficies de terreno, habiendo sido el cordón dunar arrasado en el sentido literal de la palabra por allanamientos con maquinaria.

En primera línea de playa, una vez destruido el cordón dunar, se construyó un paseo marítimo a todo lo largo del sector costero.

Las malladas fueron rellenadas con la arena del cordón dunar y repobladas con eucaliptos. Una gran superficie del bosque mediterráneo se había deforestado para la construcción de muchos kilómetros de viales, aparcamientos y servicios, y se habían levantado 40 edificios de más de 8 alturas.



Fig. 12. Vista aérea de la zona.

Fig. 12. Aerial view of the area.

Actuaciones

Desde principios de los años 80 se realizaron los primeros experimentos con diversos sistemas de captadores de arenas y de reintroducción de la vegetación.

Se ensayaron captadores de filas simples de caña, de haces de restos vegetales, mallas de plástico, entramados ortogonales de ramaje y por fin entramados ortogonales con captadores realizados con *Spartina versicolor* armadas con cañas, método que resulta el más apropiado para este tipo de playas.



Fig. 13. Aspecto de la zona de estudio antes de la actuación.

Fig. 13. Appearance of the study area before the performance.

Además, se ensayaron distintos métodos de reintroducción de la vegetación dunar y de tratamientos para mejorar la fertilidad y estabilidad, como colchones bituminosos, con turba, con estiércol, con restos de *Posidonia*, etc, llegando a la conclusión de que era mejor no utilizar nada, pues, si bien la colonización natural era más lenta, se obtuvo una mayor biodiversidad.

Tras más de 20 años de experiencias, se ha desarrollado una metodología de restauración de dunas de primera línea aplicable a otras zonas del mediterráneo. Esta metodología consta de tres pasos.

El primero consiste en la restauración de la morfología dunar mediante la acumulación mecánica de la arena, a continuación se estabiliza este depósito mediante las empalizadas de espartina y la plantación de especies dunares y por último, se adecua el área restaurada para uso público, cerrando temporalmente el área restaurada y mediante amplias campañas de información y educación ambiental se explica al ciudadano el motivo y finalidad de las actuaciones.



Fig. 14. Cordón dunar reconstruido

Fig. 14. Reconstructed dune.

Entre las especies que se han conseguido introducir destacan las siguientes: *Cakile maritima*, *Calystegia soldanella*, *Elymus farctus*, *Euphorbia paralias*, *Otanthus maritimus*, *Polygonum maritimum*, *Lotus creticus*, *Medicago marina*, *Ammophila arenaria*, *Cyperus capitatus*, *Echinophora spinosa*, *Crucianella maritima*, *Eryngium maritimum*, *Malcolmia littorea*, *Sporobolus pungens*, *Ononis natrix* y *Pancratium maritimum*, entre otras.

Conclusiones

La restauración de las dunas de El Saler es uno de los primeros y mejor desarrollados ejemplos de este tipo de actividades en España. Además de por los aspectos urbanísticos, por los aspectos técnicos propios de la restauración, tales como las reconstrucciones topográficas, la reintroducción de la vegetación y la comunicación ciudadana.

El arenal de Liencres

Introducción y caracterización

El arenal de Liencres es uno de los más extensos y mejor conservados sistemas dunares del Cantábrico. Se encuentra en la margen derecha de la desembocadura del río Pas y forma un inmenso depósito arenoso de unas dimensiones de unos 950

m de longitud y 350 m de anchura media. La mayor parte del sistema dunar fue fijada durante la década de 1950 con pino marítimo (*Pinus pinaster*) para impedir el avance de la arena sobre los pastos y cultivos adyacentes, quedando sólo una tercera parte de terreno, la franja más cercana al mar, como sistema dunar activo.

El material sedimentario proviene del aporte del río Pas y que las corrientes y el oleaje devuelven a su desembocadura formando una flecha que progresa cerrando el estuario con dirección oeste. El extremo occidental está sujeto a una gran dinámica y cuando concurren avenidas fluviales y temporales marinos se producen situaciones muy destructivas, llegando a la desaparición total de la punta. Cuando las condiciones se estabilizan comienza otra vez el proceso constructivo de aporte de arena por el oleaje y la colonización de la vegetación.

El campo de dunas, además de tener un enorme valor paisajístico, contiene una gran riqueza florística, tanto por las especies típicamente dunares como por la gran diversidad de hábitats que presenta. El número de especies vegetales presentes en su sistema dunar supera en gran número el de otros sistemas dunares de todo el litoral cantábrico.

La vegetación dunar se estructura en bandas paralelas a la playa dando lugar a las formaciones de playa, las dunas primarias o embrionarias, las dunas secundarias o dunas blancas y las dunas terciarias o dunas grises.



Fig. 15. Vista aérea de la zona.
Fig. 15. Aerial view of the area.

Desde el punto de vista morfodinámico ofrece ejemplos de los fenómenos que ocurren en zonas dunares, tales como la erosión y sedimentación de la arena eólica procedente del mar, la formación y evolución de pasillos de deflación, etc.

Problemática y situación de partida

La problemática que presentaba este sistema dunar era muy similar a la de la mayor parte de los sistemas dunares españoles. Hasta mediados del siglo XX, fue utilizado como zona de pastoreo y de extracción de arenas con destino a varios usos. Como consecuencia de la movilización de la arena hacia el interior que tuvo lugar durante la década de 1940, las tres cuartas partes de su superficie fueron fijadas con plantaciones de pino marítimo.

Paralelamente al incremento de la industria turística en los alrededores durante los años 60 y 70 del pasado siglo, las extracciones de arena fueron aumentando hasta que, con la entrada en vigor de la Ley de Costas en 1988, finalizaron definitivamente. No obstante, ya se había extraído una gran cantidad de arena y el sistema estaba desequilibrado, lo que originó un movimiento de arena en dos frentes



Fig. 16. Zona de estudio antes de los trabajos de restauración.
Fig. 16. Study area before restoration work.

principales desde el cordón dunar costero hacia las zonas de extracción.

Por otro lado, dado que se trataba de una playa de gran popularidad, la presión turística fue incrementándose durante la segunda mitad del siglo pasado y, como consecuencia la degradación de la vegetación llegó a ser muy notable. Como resultado se produjo una gran desestabilización del frente dunar, incrementándose los procesos de erosión y retirada del frente dunar hacia el interior, coincidiendo con periodos de temporales.

El cordón dunar frontal quedó reducido a unos montículos más o menos separados entre sí, incapaces de regenerarse de nuevo, debido a su morfología irregular causante de turbulencias eólicas y fenómenos erosivos locales y al efecto del pisoteo.

Actuaciones

En el año 1999 se realizó la primera obra de recuperación ambiental, cuyo objetivo fue la regeneración del frente de duna. En la actuación se incluyó, además de la propia regeneración de la duna, la instalación de elementos de protección, tales como cerramientos y pasarelas, para reducir el impacto de la frecuentación humana sobre la vegetación.

El resultado de la actuación fue muy positivo, habiéndose conseguido en pocos años la reconstrucción del cordón dunar costero y la colonización parcial de los dos grandes pasillos de deflación por donde se transportaba la arena hacia el interior. El sistema experimentó un notable crecimiento.

Posteriormente, durante los últimos diez años, se han venido ejecutando otras actuaciones: nuevas replantaciones y reparación de las infraestructuras que habían sufrido daños por el desgaste natural y por vandalismo.



Fig. 17. Aspecto final del frente dunar.

Fig. 17. Final look of the front dune.

En estos momentos y gracias a los trabajos realizados, el sistema dunar presenta una buena cobertura vegetal, ha experimentado la captación de grandes volúmenes de arena, consiguiendo un frente dunar continuo en equilibrio con la dinámica sedimentaria de la playa, así como una más que aceptable cobertura vegetal.

Conclusiones

Las obras de restauración dunar que utilizan sistemas de regeneración ecológicos necesitan, a diferencia de la obra civil, un tiempo a partir de la ejecución, durante el cual van actuando los procesos naturales. Por ello, en el momento de la finalización de las obras no se consideran completamente terminadas.

Estas técnicas, como la instalación de captadores de arena para lograr una estructura topográfica adecuada y la plantación de vegetación dunar para la fijación de sus superficies, utilizan los procesos naturales para conseguir su función; el viento transporta la arena que se sedimenta detrás de los captadores y la vegetación se va estableciendo hasta conseguir una cobertura que permita su fijación y equilibrio.

Por otro lado, las actuaciones de regeneración dunar deben ir acompañadas de sistemas de protección para evitar que la

causa de su degradación vuelva a ocurrir (cerramientos) y para ayudar a las jóvenes plantas introducidas a establecerse correctamente mediante la estabilización de su superficie (captadores).

Además necesitan un pequeño pero continuado mantenimiento, al menos durante los primeros años de su terminación, no solo para la reparación de las estructuras de protección, como cerramientos, pasarelas o carteles que, por causas naturales o la acción vandálica humana suelen sufrir daños, sino también para la corrección del proceso de captación de arena y para la replantación de las zonas donde la vegetación no ha arraigado suficientemente, bien por la movilidad del sustrato (enterramiento o erosión) bien por defectos en su establecimiento.

En el caso del sistema dunar de Lienres, la evolución global de las actuaciones realizadas se considera muy positiva, aunque pone de manifiesto la necesidad de un seguimiento de la restauración con el objetivo de observar comportamientos y evolución de las actuaciones realizadas y un mantenimiento periódico que asegure la efectividad de los elementos e infraestructuras.

Enebrales

Introducción y caracterización

La playa y sistema dunar de Los Enebrales, situado al oeste de la localidad de Punta Umbría, se extiende sobre una longitud de 2.800 m y una anchura media de unos 250 m, de los que aproximadamente 50 corresponden a un sistema dunar activo y el resto se encuentra fijado con un pinar de repoblación (*Pinus pinea*).

Todo el ámbito de encuentra protegido bajo la denominación de Paraje Natural de los Enebrales.



Fig. 18. Vista aérea de la zona.

Fig. 18. Aerial view of the area.

La playa alta está prácticamente desprovista de vegetación y presenta una berma, en la mayor parte de su longitud. La duna costera presenta una red de pasillos de deflación de origen antrópico que en ocasiones llegan a romper el cordón. La dinámica dunar actualmente presenta una clara tendencia regresiva derivada de la reducción del aporte del material redimentario, probablemente incrementado por el efecto pantalla que la flecha de Nueva Umbría ejerce en este tramo de costa.

Hacia el interior el sistema dunar se caracteriza por la presencia de enebros (*Juniperus oxycedrus* subsp. *macrocarpa*), especie en peligro de extinción y sabinas (*Juniperus phoenicea* subsp. *turbinata*), además de otras especies arbustivas costeras características de los ecosistemas dunares de este sector litoral, como la camarina (*Corema album*) que en esta localidad encuentra su población más suroccidental de la Península, el jaguarzo (*Halimium halimifolium*) o el romero (*Rosmarinus officinalis*).

Problemática

La problemática de este sector costero se deriva de la erosión marina y de la retirada de la línea de costa hacia el interior, erosionando el pie de la duna y originando unas elevadas pendientes en la cara del cordón orientada al mar.



Fig. 19. Zona de estudio antes de los trabajos de restauración.

Fig. 19. Study area before restoration work.

A consecuencia, todo el frente dunar se encuentra en retroceso y, a todo lo largo de este sector costero, aparecen brechas y pasillos de deflación por los cuales, la arena es transportada hacia el interior.

Por otro lado, la gran presión turística que soporta y su falta de planificación hacen que estos procesos erosivos se vean incrementados, por la desestabilización que se produce al atravesar un gran número de personas el cordón dunar a través de estos pasillos de deflación.

Actuaciones

Las actuaciones realizadas para reducir la degradación que sufría este tramo costero han tenido por objeto la disminución del impacto antrópico caracterizado, principalmente, por paso de visitantes y vehículos a través del cordón dunar, la protección del cordón dunar para intentar recuperar la dinámica de los procesos naturales y la colonización del sistema dunar por parte de la vegetación autóctona.

Las acciones llevadas a cabo en la playa de Los Enebrales han sido las siguientes:



Fig. 20. Frente dunar después de los trabajos de restauración.

Fig. 20. Front dune after restoration work.

- a) Instalación de captadores pasivos de arena.
- b) Plantación de especies dunares fijadoras de arena: barrón (*Ammophila arenaria*).
- c) Adecuación mediante pasarelas, de los accesos peatonales sobre las dunas hasta la playa.
- d) Remodelación del perfil de la duna, mediante aporte de arena, en la conexión de las pasarelas ya existentes con las pasarelas nuevas.
- e) Instalación de un cerramiento de protección.
- f) Eliminación de especies invasoras como la uña de gato (*Carpobrotus edulis*).
- g) Limpieza y retirada de residuos
- h) Señalización mediante carteles y paneles informativos.

Conclusiones

Aunque todavía es pronto para sacar conclusiones definitivas de esta actuación, en general la actuación ha sido muy positiva, especialmente en cuanto al efecto de protección de los elementos tales como cerramientos y pasarelas.

No obstante, se deben tener en cuenta las siguientes observaciones:

La restauración del frente dunar de un tramo en acreción tiene un comportamiento muy diferente al de un tramo en

erosión; en el primer caso, cuando los elementos de regeneración (captadores fundamentalmente) comienzan a producir sus efectos, se aprecia una elevación del terreno en las zonas donde se deposita la arena, con lo cual el riesgo de inundación del pie de la duna por ataque de temporales disminuye. Por otro lado, este efecto se incrementa cuando la vegetación comienza a arraigar y a ejercer su efecto de construcción de dunas.

En los tramos de costa sometidos a erosión marina, normalmente el efecto de los captadores es más lento que el propio avance del mar, por lo cual, es frecuente que los sistemas de captadores no sean lo suficientemente eficaces como para producir una elevación del terreno suficiente. Además, el establecimiento de la vegetación es mucho más lento y dificultoso, debido al ataque del oleaje.

Dado que normalmente no se contemplan obras de envergadura para evitar la erosión marina, que en general han demostrado su ineficacia, en las obras de restauración de tramos erosivos se debe tener en cuenta el retroceso implacable de la línea de costa. Tratándose de fenómenos naturales (por supuesto se debe limitar el impacto humano) es mejor adaptarse a la dinámica natural, huyendo de posiciones románticas e irrealistas.

En cualquier caso, es necesaria una labor de seguimiento de las actuaciones a medio y largo plazo, para adecuar y ajustar las actuaciones proyectadas a las características propias y a la dinámica de cada zona.

Bibliografía

García Mora, M.R. 2000. Vulnerabilidad de los ecosistemas dunares costeros del Golfo de

Cádiz. Tipos funcionales y estructura de la vegetación. Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla.

- García Mora, M.R.; Gallego Fernández, J.B. y García Novo, F. 1999. Plant functional types in relation to foredune dynamics and the main coastal stresses. *Journal of Vegetation Science* 10 (1): 27-34.
- García Mora, M.R.; Gallego Fernández, J.B. y García Novo, F. 2000. Plant diversity as a suitable tool for coastal dune monitoring. *Journal of Coastal Research* 16 (4):990-995.
- Nordstrom, K.F. y Arens, S.M. 1998. The role of human actions in evolution and management of foredunes in the Netherlands and New Jersey, USA. *Journal of Coastal Conservation* 4:169-180.
- Ranwell, D.S. 1972. Ecology of salt marshes and sand dunes. Chapman and Hall, Londres. 258 p.
- van der Laan, D.; van Tongeren, O.F.R., van der Putten, W.H. y Veenbaas, G. 1997. Vegetation development in coastal foredunes in relation to methods of establishing marram grass (*Ammophila arenaria*). *Journal of Coastal Conservation* 3:179-190.
- van der Putten, W.H. 1990. Establishment and management of *Ammophila arenaria* (marram grass) on artificial coastal foredunes in the Netherlands. In: Davison-Arnott, R. (ed.) Proceedings Canadian symposium on Coastal sand dunes, pp. 367-387. Associate Committee on Shorelines, National Research Council and Guelph University.
- van der Putten, W.H. y Kloosterman, E.H. 1991. Large-scale establishment of *Ammophila arenaria* and quantitative assessment by remote sensing. *Journal of Coastal Research* 7:1181-1194.
- van der Putten, W.H. y Peters, B.A.M. 1995. Possibilities for management of coastal foredunes with deteriorated stands of *Ammophila arenaria* (marram grass). *Journal of Coastal Conservation* 1:29-39.